



TITLE:

# 高レベル放射性廃棄物の地層処分に資するための坑道掘削損傷領域の水理・力学特性の評価に関する研究( Abstract\_要旨 )

AUTHOR(S):

青柳, 和平

---

CITATION:

青柳, 和平. 高レベル放射性廃棄物の地層処分に資するための坑道掘削損傷領域の水理・力学特性の評価に関する研究. 京都大学, 2017, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2017-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k20322>

RIGHT:

許諾条件により本文は2018-03-01に公開; 公開に際し, 出典明記の必要あり。

京都大学	博士（工学）	氏名	青柳 和平
論文題目	高レベル放射性廃棄物の地層処分に資するための坑道掘削損傷領域の水理・力学特性の評価に関する研究		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>高レベル放射性廃棄物は、原子力発電所の使用済み核燃料を再処理してウランやプルトニウムを抽出した後に生じる放射能レベルの極めて高い廃棄物であり、地下 300 m以深の地層中に処分することとされている。しかし、その放射能レベルが自然界で最も高いウラン鉱石と同程度にまで低下するのに数万年を要するため、その間人間の生活環境から隔離する必要がある。処分場の建設に際して、掘削による応力集中により坑道壁面近傍の岩盤に微小な割れ目が発達し、それらが連結して透水性が増大して廃棄体から地上への核種の主要な漏洩経路になることが危惧される。この微小な割れ目が発達する坑道壁面近傍の領域は EDZ（Excavation Damaged Zone、掘削損傷領域）と呼ばれる。さらに EDZ の割れ目が進展して坑道壁面から岩盤が剥離・崩落する現象、すなわちブレイクアウトに至ると、立坑や斜坑などのアクセス坑道や廃棄体を埋設する処分坑道の掘削作業の安全性や建設コストに重大な悪影響を及ぼす。したがって、高レベル放射性廃棄物地層処分において、EDZ の透水性や発達様式の検討、EDZ の長期的な挙動の把握が重要となる。このような背景のもとに、本論文は高レベル放射性廃棄物の地層処分場等の地下空洞建設時に発生する EDZ に関して、室内試験および原位試験により検討した結果をとりまとめたものであって全 5 章からなっている。</p> <p>第 1 章では、従来の研究内容や問題点等について検討を行い、本研究の位置づけを明確にしている。</p> <p>第 2 章では EDZ が進展し、坑道周辺岩盤にブレイクアウトが発生する場合の応力条件を検討することを目的として、材質の異なる 4 種類の立方体の岩石供試体に円孔を削孔し、3 方向から異なる大きさの圧力を載荷する室内実験を行った結果をまとめている。この実験では孔壁面にブレイクアウトを発生させ、実験中に孔内に挿入したカメラで孔壁面の破壊の進展を観察するとともに、孔壁面のひずみ測定、剥離して崩落する岩片の質量測定を行った。これらの観察や測定により、ブレイクアウトの進展を段階的に把握して、そのときの応力状態の比較を行い、ブレイクアウト発生と進展に対する中間主応力の影響を検討した。その結果、材質の異なる 4 種類のいずれの供試体においても、中間主応力の増大に伴い、ブレイクアウト発生応力が増大する傾向が見られた。さらに中間主応力の影響を定量的に評価するため、すでに提案されている 3 種類の破壊規準を実験結果に適用してその妥当性を検討したが、実験結果を過小評価するものがほとんどであった。このことは、これらの規準を坑道掘削現場へ適用すれば過大設計となり、経済的な設計のためにはより合理的な新たな規準を考案する必</p>			

京都大学	博士（工学）	氏名	青柳 和平
<p>要があることを示した。</p> <p>第3章では坑道周辺のEDZの割れ目の発達状態を定量的に評価するため、北海道天塩郡の幌延深地層研究センター深度250mの調査坑道において弾性波トモグラフィ調査を行い、その結果を坑道壁面の割れ目分布の地質観察結果と比較して取りまとめている。弾性波トモグラフィ調査は坑道掘削以前から実施したが、弾性波速度に顕著な低下は、坑道掘削の切羽が調査領域に達するまでは見られず、切羽が調査領域を通過し坑道直径程度前方まで進展した時点ではじめて顕著な低下がみられ、その範囲は坑道壁面から約1mの岩盤深部まで進展した。この調査をその後も2年あまりの期間にわたり継続的に実施したところ、時間の経過に伴い弾性波速度の低下領域の空間的な広がりにより若干の変動が見られたが、その広がり切羽通過直後に生じた壁面から約1mの範囲を越えることはなかった。一方、坑道掘削前の坑道壁面の地質観察結果に基づいて、弾性波トモグラフィ調査領域の一次元割れ目密度と弾性波速度を比較した結果、割れ目密度の増大とともに弾性波速度が低下することがわかった。このことから、弾性波トモグラフィ調査と割れ目密度の検討により、EDZ内の損傷状態や範囲を評価できることを明らかにした。</p> <p>第4章では幌延深地層研究センターの深度350mに掘削された第3章とは別の試験坑道において実施した、ボーリング孔内テレビ観察および掘削後2年間にわたる原位置透水試験の結果をとりまとめている。ここでは、ボーリングコアや孔内テレビ観察観察に基づきEDZ内部の割れ目の分布状況を明らかにするとともに、その結果を有限要素法による三次元逐次掘削解析結果と比較し、引張割れ目が壁面から約0.4mの範囲まで進展していることを明らかにした。また透水試験結果から、それらの割れ目が互いに連結している可能性が強いことを指摘した。一方透水試験結果から、EDZ内部の透水係数は、EDZが進展していない健全な岩盤と比較して3～5オーダーほど高い値であることが示された。また坑道掘削後約2年間にわたって計4回透水試験を実施したが、EDZ内外において有意な透水性の経時変化は見られなかった。そのため、EDZは掘削直後に瞬間的に形成され透水性の増大が生じるが、その後は安定し経時的な変化は生じなかったことを明らかにした。</p> <p>第5章は結論であり、本論文で得られた成果を要約するとともに、今後の課題を整理して示している。</p>			

( 論文審査の結果の要旨 )

本論文は高レベル放射性廃棄物の地層処分に際し、微小な割れ目が発達し透水性が増大して廃棄物から地上への核種の漏洩経路になることが危惧される坑道近傍岩盤のEDZ (Excavation Damaged Zone、掘削損傷領域) に関して、室内試験および原位置試験の結果をとりまとめたものであり、主な成果は次のとおりである。

1. EDZ が進展して坑道壁面から岩盤が剥離・崩落するブレイクアウトに至る破壊に対する中間主応力の影響を検討するため、立方体の岩石供試体に円孔を削孔し、3方向から異なる大きさの圧力を載荷する室内実験を行った。その結果、中間主応力の増大に伴い、ブレイクアウト発生応力が増大することを明らかにするとともに、この結果を現実の坑道設計に適用するためには、既存の破壊基準では不十分であり、新たな破壊基準を考案する必要があることを示した。

2. 北海道天塩郡の幌延深地層研究センター深度 250m の調査坑道において坑道掘削に伴う弾性波トモグラフィ調査を行い、弾性波速度に顕著な低下は坑道掘削時に坑道壁面から約 1m 深さまで広がったが、その後 2 年間の調査では経時的な変化がなかったことを明らかにした。

3. 幌延深地層研究センターの深度 350m に掘削された試験坑道で、ボーリングコアと孔内テレビ観察を行い EDZ 内部の割れ目の分布状況を明らかにするとともに、原位置透水試験結果や三次元逐次掘削解析結果と比較した。その結果、引張割れ目が坑道壁面から約 0.4m の範囲まで進展していること、またそれらの割れ目が連結して透水性を増大させている可能性が強いことを指摘した。一方透水試験結果から、EDZ 内部の透水係数は、EDZ が進展していない健全な岩盤と比較して 3～5 オーダーほど高い値であることを示すとともに、坑道掘削後約 2 年間にわたる透水試験結果から EDZ は掘削直後に瞬間的に形成され透水性の増大が生じるが、その後は安定し経時的な変化は生じないことを明らかにした。

本論文は、高レベル放射性廃棄物の地層処分における EDZ の発生機構とその経時的変化に関する現象解明を進展させるとともに、予測手法の改善に資する成果を示しており、当該課題に対する学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は、博士 (工学) の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 29 年 1 月 20 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。